



## ANÁLISIS ERGONÓMICO DEL TRABAJO DEL PROCESO DE SOLDADURA TIG EN UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN

João Vitor Vanzella dos Santos, UFSC, [joaovitorvanzellads@gmail.com](mailto:joaovitorvanzellads@gmail.com)

Yuri Balczareki Potrich, UFSC, [yuri.balczareki@hotmail.com](mailto:yuri.balczareki@hotmail.com)

Gabriel Campos Baba, UFSC, [gabrielcamposbaba@gmail.com](mailto:gabrielcamposbaba@gmail.com)

Lizandra García Lupi Vergara, UFSC, [l.vergara@ufsc.br](mailto:l.vergara@ufsc.br)

Tamires Fernanda Barbosa Nunes, UFSC, [tamiresfbnunes@gmail.com](mailto:tamiresfbnunes@gmail.com)

Juliana Schmidt Teixeira, UFSC, [julianavs.teixeira@gmail.com](mailto:julianavs.teixeira@gmail.com)

**Resumen:** El texto aborda la importancia de la ergonomía en la interacción entre personas y máquinas, destacando su papel en la mejora del rendimiento de los sistemas y la minimización de los riesgos ergonómicos. Se centra en el análisis del trabajo ergonómico (AET), cuyo objetivo es comprender e identificar los peligros ergonómicos a los que están expuestos los trabajadores, especialmente en los entornos de soldadura.

Este artículo presenta un estudio realizado en un laboratorio de investigación en soldadura TIG, donde se analizaron los riesgos ergonómicos asociados con las actividades de soldadura. Utilizando varias herramientas de análisis, como el OCRA Checklist, el TLV HAL, el OWAS Checklist y el Método RULA, se identificaron problemas posturales y repetitivos que afectan la salud de los operadores.

A partir de los resultados del análisis, se proponen recomendaciones ergonómicas, entre las que se encuentran la sustitución del mobiliario, la adaptación de la altura de la silla y la mesa, y el uso de EPI adecuados. También se sugieren mejoras en el entorno de trabajo, como el aumento de la iluminación.

Se concluye que, a pesar de la baja carga de trabajo en el laboratorio, los riesgos ergonómicos son significativos y deben ser monitoreados continuamente. Se recomienda que se apliquen las medidas propuestas y que se supervisen constantemente para evaluar su impacto en la salud de los trabajadores a largo plazo.

**Palabras clave:** Soldadura TIG; Análisis Ergonómico del Trabajo; Laboratorio.

## **Introducción**

La ergonomía es el estudio de la interacción entre las personas y las máquinas y los factores que afectan a dicha interacción (BRIDGER, 2003). Su objetivo es mejorar el rendimiento de los sistemas, mejorando la interacción hombre-máquina, a través de intervenciones que permitan cambios en la interfaz de estos sistemas, en el entorno laboral o incluso en la organización del trabajo.

El Análisis Ergonómico del Trabajo (AET) permite la comprensión del sistema de trabajo de forma sistemática, permitiendo el análisis de las actividades realizadas por el operario durante su jornada laboral y cómo el entorno interfiere en el rendimiento del trabajador. A través del ETS, se pueden identificar los riesgos ergonómicos a los que está expuesto el trabajador, lo que lleva a soluciones para eliminar o minimizar los efectos de dichos riesgos (ABRAHÃO et al., 2009).

Los profesionales que están al día en el proceso de soldadura, debido a la naturaleza de su función, suelen estar expuestos a trastornos musculoesqueléticos; problemas respiratorios; efectos de la radiación UV; quemaduras por chispas y salpicaduras; ruido; vibración; accidentes; (SILVA, 2003). La visión ergonómica de las actividades desarrolladas por los soldadores permite identificar los riesgos potenciales derivados de dichas actividades para poder implementar medidas de control con el fin de eliminarlos o minimizarlos.

El proceso de soldadura es muy utilizado para la unión de metales, debido a sus costes accesorios y a la versatilidad del proceso. Para Magrini (1996), la soldadura es un proceso de unión de materiales, dando continuidad y manteniendo sus propiedades mecánicas y químicas. Se puede lograr fusionando las partes o fusionando agregando otro material. La soldadura TIG (*gas inerte de tungsteno*) se usa comúnmente para soldar piezas de menor espesor y cuando se busca garantizar una mayor calidad. Se forma un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno y la pieza, que es responsable de fusionar el material, y si se utiliza, el material de adición, y unir efectivamente las piezas (MACHADO, 1996).

Debido a la necesidad de precisión vinculada al proceso de soldadura TIG, los riesgos ergonómicos relacionados con la postura estática del asiento y la repetitividad del proceso de soldadura, son comunes durante la jornada laboral. En vista de lo anterior, el objetivo de este

trabajo fue realizar un Análisis Ergonómico del trabajo de soldadura TIG en un laboratorio de investigación, para identificar los riesgos relacionados con esta actividad, y posteriores recomendaciones de mejoras a la estación de trabajo en cuestión. Con el objetivo de reducir la exposición del trabajador a los riesgos identificados y mejorar el rendimiento en la estación. La posición analizada pertenece a LABSOLDA, un laboratorio de soldadura vinculado a la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC).

### Desarrollo

El enfoque metodológico adoptado en la presente investigación sigue las cinco etapas del Análisis Ergonómico del Trabajo (GUÉRIN et al, 2001), como se muestra en la Figura 1.

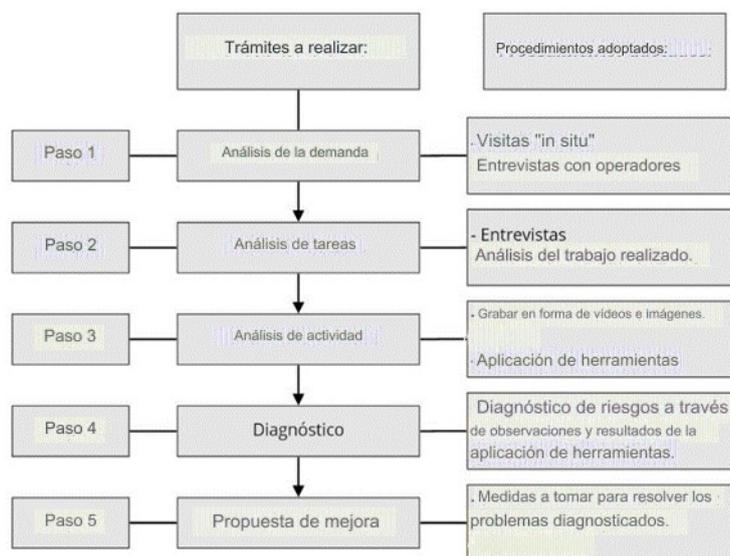


Figura 1 - Procedimientos metodológicos adoptados en el presente estudio.

La actividad analizada fue la soldadura TIG de pequeñas piezas de acero para su posterior análisis y estudio de la calidad de la soldadura, debido a los riesgos ergonómicos relacionados con la postura estática al sentarse y la repetibilidad. El proceso TIG hace uso de un arco eléctrico entre el electrodo de tungsteno y la pieza de trabajo, rodeado por un gas protector.

Para el análisis de la tarea se utilizó un cuestionario semiestructurado aplicado al operario, que contenía preguntas sobre las condiciones a las que está expuesto el trabajador durante el trabajo en el laboratorio, así como preguntas dirigidas a identificar las demandas ergonómicas físicas, cognitivas y organizacionales. El mapeo de riesgos ergonómicos se realizó durante el análisis de la demanda con la ayuda de la herramienta semicuantitativa para el análisis de modo de falla y efecto o FMEA (*Failure Mode*

y *Análisis de Efectos*) (SANTOS, 2010; PEREIRA, 2012). La determinación de los índices y niveles de factores de riesgo se basó en el enfoque propuesto por Santos (2010).

La *Lista de Verificación OCRA*, el *Valor Límite de Umbral para el Nivel de Actividad Manual* (TLV HAL), la *Lista de Verificación OWAS* y el Método RULA fueron las herramientas de análisis ergonómico utilizadas para investigar las demandas planteadas, los análisis se llevaron a cabo con la ayuda de la versión de demostración del *software* Ergolândia.

Se utilizó el *OCRA Checklist* para medir el riesgo de sobrecarga biomecánica en los miembros superiores, considerando la distribución de los descansos durante la jornada laboral y evaluando los riesgos para los lados izquierdo y derecho del cuerpo, por separado (OCCHIPINTI; COLOMBINI, 1996). El método TLV HAL tuvo como objetivo evaluar el factor de riesgo relacionado con la repetitividad en el entorno laboral, más específicamente para la actividad manual (LATKO, 1997). La *Lista de Verificación de Owas*, desarrollada por Karhu, et al. 1977, hace uso del registro de las posturas típicas del operador durante el trabajo, así como la frecuencia y el tiempo en que el operador pasa en estas posturas, determinando el efecto resultante sobre el sistema musculoesquelético. El Método RULA, o *Rapid Upper Limb Assessment*, permitió evaluar la postura, la fuerza y los movimientos de las extremidades superiores, con el fin de verificar los riesgos para la salud del operador.

## **Resultados**

### ***Análisis de la demanda***

El operador, durante la mayor parte de su tiempo en la estación de trabajo, se encuentra en una postura sentada estática, realizando actividades repetitivas de precisión con los brazos y la muñeca. No hay antecedentes de hojas debido a lesiones por esfuerzo repetitivo (RSI), sin embargo, hay quejas sobre la mesa y la silla. El mapeo ergonómico realizado con la ayuda del FMEA permitió identificar y priorizar los riesgos ergonómicos potenciales a los que está expuesto el trabajador, Figura 2.

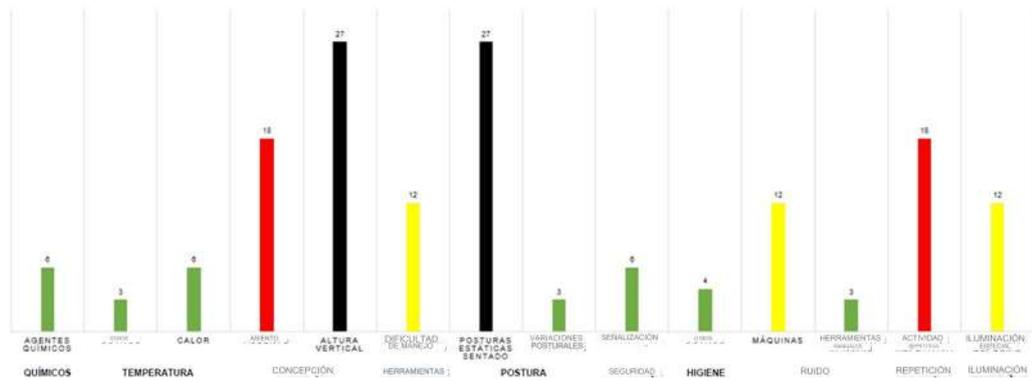


Figura 2 – Mapeo ergonómico de riesgos

En rojo hay riesgos sustanciales y en negro riesgos intolerables, a los que está expuesto el trabajador. Los cuales son investigados posteriormente durante la AET.

### ***Análisis de tareas***

Los procesos de definición de los parámetros de soldadura en la máquina de soldadura TIG, el transporte de las piezas a soldar al banco de soldadura, la limpieza de las piezas, la verificación de la necesidad de afilado o sustitución del electrodo de tungsteno y, finalmente, la soldadura de las piezas caracterizan las funciones del operador durante su jornada laboral. Teniendo en cuenta este alcance, la región de intervención se limita al espacio utilizado durante estos procesos, así como a la forma en que el operador utiliza este espacio.

Las máquinas utilizadas durante el proceso son la máquina de soldadura TIG y una amoladora para afilar el electrodo de soldadura. Los insumos del proceso son: pequeñas piezas de acero; producto para la limpieza de la pieza (alcohol o decapante para aceros inoxidables); electrodos de tungsteno; material de adición; gas argón; energía eléctrica. Las salidas son: pieza soldada; gas argón; calor; gases provenientes del uso de decapantes de pintura; radiación.

Las características generales de este puesto de trabajo son: trabajo en un lugar cerrado con horarios regulares, en el que el operario no dedica un turno completo a soldar, tanto por las pausas requeridas durante el proceso, como por la variación de la demanda. En esta estación casi no se realiza ningún esfuerzo de carga. El análisis realizado consideró el volumen de servicio crítico: dos lotes de diez ejemplares. A través de una entrevista con el operador, se evaluaron las condiciones técnicas, organizativas y ambientales. No hubo informes de problemas cognitivos u organizativos por parte del operador.

### ***Análisis de la actividad***

El análisis de la actividad se realizó a través de la grabación de videos y fotos, sin

embargo, no fue posible realizar grabaciones ni tomar fotos durante la operación de soldadura, debido a la intensidad de la luz emitida por el arco, lo que perjudica la calidad de la imagen. Por lo tanto, se realizó una simulación de soldadura sin encender el arco, con el fin de tomar medidas y analizar la postura del operador, Figura 3.



Figura 3 - Operador en la estación de trabajo realizando simulación de soldadura.

El flujo de actividades realizadas por el operador se muestra en la Figura 4.

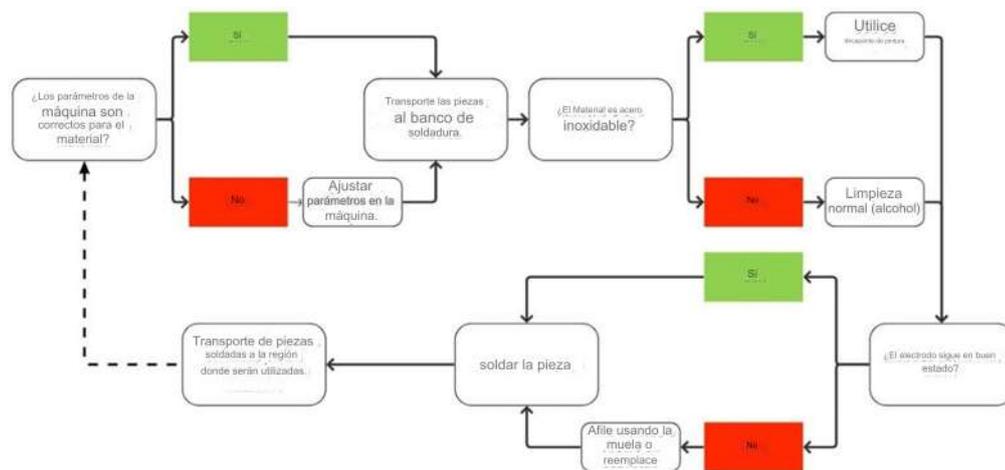


Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de soldadura.

El tiempo total para la finalización de la soldadura de los diez especímenes fue de aproximadamente 2 horas. Durante este período, es necesario cambiar los parámetros de la máquina y cambiar un electrodo, lo que tarda unos 2 minutos. El tiempo total dedicado a la limpieza de las piezas es de unos 10 minutos, y el proceso de soldadura tarda unos 10 minutos por pieza. Después de soldar, hay un descanso de al menos una hora antes de que el operador vuelva a soldar.

Durante las actividades, el operador utiliza EPI para protegerse durante el proceso: capa de soldadura; guantes de soldar; máscara de soldadura de oscurecimiento automático; calzado y pantalones cubiertos con material de baja inflamabilidad; Si se realiza la extirpación, respirador.

Utilizando la *lista de chequeo de la OWAS*, se encontró que la espalda está inclinada para el 89% (Figura 5) del tiempo de trabajo realizado en la estación, y fue el punto más crítico señalado por la lista de *chequeo*, presentando la categoría 3, "se necesitan correcciones lo más pronto posible".



Figura 5 - Resultado de la lista de verificación de la *OWAS*.

Los resultados de la lista de verificación OCRA indican que el trabajo realizado por el lado izquierdo del operador, el lado que sostiene la antorcha de soldadura, presentó un potencial medio de enfermedad, debido a la peor postura del brazo de la antorcha, que necesita ser posicionado para mantener la calidad de la soldadura durante todo el proceso. A partir del método TLV HAL, se encontró que el alto nivel de actividad de las manos, especialmente la mano responsable de la antorcha, hace necesario el cambio de puesto de trabajo porque presenta el nivel de acción de 0,56 y el valor límite de 0,78 para la mano izquierda.

El método RULA, responsable de evaluar los esfuerzos relacionados con el tren superior, se aplicó a la actividad de soldadura, y alcanzó el puntaje final de 7, un resultado relacionado con el mayor riesgo posible, requiriendo cambios inmediatos. Esto se debe en gran medida a la postura del operador durante la soldadura: espalda inclinada con el tronco y el cuello ligeramente torcidos, con los brazos sin apoyo y la muñeca ligeramente inclinada para acceder a la región de soldadura. Además, el operador realiza el trabajo sentado sin un reposapiés adecuado.

Se evaluó el confort ambiental en dos áreas: acústica y luminosa. Para la toma de medidas se utilizó un luxómetro y un sonómetro, utilizados durante un período de pausa en la actividad de soldadura. Los resultados se describen en el gráfico 1.

|                    | Ruido                        | Iluminación |
|--------------------|------------------------------|-------------|
| Resultado obtenido | Máquinas conectadas de 91 dB | 75,64 lux   |

|                        |               |                       |
|------------------------|---------------|-----------------------|
| Requerido por la norma | Máximo. 85 dB | Min. 500 lux, clase B |
|------------------------|---------------|-----------------------|

Tabla 1 - Resultados medidos de ruido e iluminación.

### ***Diagnóstico ergonómico***

A partir de los resultados presentados, se identificó que los principales problemas posturales encontrados en el puesto de trabajo son: postura sentada estática con excesiva inclinación de espalda y cuello y durante un período prolongado, además de la ausencia de un apoyo adecuado para los pies, y actividad repetitiva de la mano izquierda con inclinación inadecuada de la muñeca.

Aunque la altura de la silla y la mesa está en el rango adecuado para el operador, es necesario un ajuste fino de la altura, además del ángulo de la mesa para obtener una mejora en el reposabrazos y reducir la inclinación del respaldo y el cuello. En cuanto a las variables de confort ambiental, aunque el nivel de ruido solo supera el límite de la norma cuando todas las máquinas están encendidas, lo que ocurre con poca frecuencia, son necesarias medidas preventivas para evitar molestias al operador. Para controlar la calidad de la soldadura, se requiere una mayor cantidad de iluminación en el banco de trabajo.

### ***Recomendaciones ergonómicas***

Con base en el diagnóstico ergonómico, se recomienda reemplazar el modelo actual de silla por un modelo con ajuste de altura y menor inclinación del respaldo, que en el modelo actual es inutilizable. Para los pies, se debe adquirir un soporte adecuado. También es necesario sustituir la mesa de soldadura por un modelo con ajuste de altura, y preferiblemente con ajuste de ángulo y ranura para facilitar el encaje de las piezas a soldar, tanto la mesa como la silla deben ser de material no inflamable. Para el operador evaluado, es aconsejable que la altura de la mesa sea de unos 820 mm, la altura recomendada para tareas de alta precisión (GRANDJEAN, 1998) y la altura de la silla sea de unos 440 mm.

Cuando todas las máquinas estén encendidas, se recomienda que el operador use un protector auditivo. Dado que el uso de la máscara de soldadura puede dificultar el uso del protector de carcasa, se recomienda utilizar un modelo in-ear. Para aumentar la iluminación de la encimera, se sugiere instalar una lámpara ajustable adjunta a la mesa, con suficiente intensidad luminosa para alcanzar los 500 lux.

### **Conclusiones**

A pesar de la baja carga de soldadura de un laboratorio, la naturaleza de la actividad y los riesgos ergonómicos involucrados son los mismos que se evidencian en las medianas y grandes

empresas. Incluso si se implementan las recomendaciones ergonómicas sugeridas para reducir la riesgos identificados Los problemas relacionados con la postura estática al sentarse y la actividad repetitiva deben ser monitoreados por el laboratorio para monitorear sus impactos a largo plazo en la salud de los trabajadores. Si se determina la necesidad de intervenciones adicionales, se recomienda realizar un estudio adicional teniendo en cuenta la frecuencia y la duración de las pausas posteriores a la soldadura.

## **Referencias**

ABRAHÃO, J. et al. **Introdução à Ergonomia: da prática a teoria**. São Paulo: Edgar Blucher, 2009.

BRIDGER, R.S. **Introduction to ergonomics**. 2ª edição, Londres, Taylor & Francis, 2003.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GUÉRIN, F. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Blucher: Fundação Vanzolini, 2001.

KARHU, O. et al. **Correcting working postures in industry: A practical method for analysis**. Applied Ergonomics, 1977.

LATKO, W. A. et al. **Development and evaluation of an observational method for assessing repetition in hand tasks**. American Industrial Hygiene Association Journal, v.58, n.4, 1997.

MACHADO; GUERRA, I. **Soldagem & Técnicas Conexas: Processos**. Porto Alegre: Machado, 1996.

MAGRINI; OLIVEIRA, R. **Segurança do Trabalho na Soldagem Oxiacetilênica**. 2.ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 1999.

OCCHIPINTI, E.; COLOMBINI, D. **Proposal of a concise index for the evaluation of the exposure to repetitive movements off the upper extremist (OCRA Index)**. Med Lav, 1996.

VIDAL, M. C. R. **Guia para Análise Ergonômica do trabalho (AET) na empresa: uma metodologia, ordenada e sistematizada**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2012.

SANTOS JÚNIOR, R. L. de F. **Processo perceptivo humano e a fadiga cognitiva nas empresas de vigilância privada**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico., 2010.

**SILVA, S. A. Análise ergonômica do trabalho do soldador: contribuição para projeção ergonômica.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.